

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА КОРЕННОГО ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

К.А. ЭЛЬМАН, М.А. СРЫБНИК, А.А. ПРАСОЛОВА, М.А. ВОЛОХОВА

Сургутский государственный университет, Сургут

*В настоящей работе представлен сравнительный анализ параметров variability сердечного ритма школьников, являющихся коренными жителями Югры, который выполнялся методом множественных сравнений трёх возрастных подгрупп и методом многомерного анализа с расчётом межкластерных расстояний. На сегодняшний день целесообразно изучение функциональных систем организма детско-юношеского населения в условиях адаптации к жизни на Севере, так как установлено, что именно нарушения в нервно-мышечной системе и сердечно-сосудистой системе отражают наиболее ранние метаболические и гемодинамические сдвиги. Такие изменения являются фактором, предопределяющим характер изменений работоспособности и степень выраженности изменений в состоянии здоровья.*

**Ключевые слова:** детско-юношеское население, эффект Еськова-Филатовой, Север, адаптация.

## Введение

Одним из методов, позволяющих оценить функциональное состояние организма (ФСО), степень напряжения механизмов адаптации к экологическим и иным факторам среды является анализ variability сердечного ритма (ВСР) [2-5]. При этом на адаптационные возможности организма человека влияет не только интенсивность воздействующих факторов среды, но и генетически закрепленные механизмы адаптации.

Вопросам адаптации человека к экстремальным экологическим факторам посвящено большое количество работ, однако проблема сравнительного анализа аборигенов и пришлого населения Севера остается открытой. Особенно это касается детско-юношеского населения Югры. Вопросы изучения адаптационных возможностей детского организма к экстремальным экологическим факторам Югры являются актуальными, в этой связи нами выполняется сравнительный анализ параметров ВСР у представителей коренного и пришлого населения Югры, составило цель настоящего исследования.

Немало важную роль в развитие организма человека в условиях проживания на Севере России играет формирование и развитие любой функциональной системы организма, в том числе *нервно-мышечной системы* (НМС) и ССС. В результате, изменения экологических условий у жителей ХМАО — Югры оказывает выраженное влияние на все функциональные системы организма,

особенно на ССС и НМС, работа которых существенно влияет на жизненно важные процессы, происходящие в организме человека.

Функциональные системы организма (ФСО) человека отражают ранние проявления неблагоприятного воздействия факторов среды. На сегодняшний день появляется необходимость более подробно рассматривать и прогнозировать на индивидуальном и популяционном уровнях состояние функциональных систем организма человека, проживающего на территории ХМАО — Югры [19-21]. Однако реализация таких усилий наталкивается на статистическую неустойчивость выборок параметров гомеостаза человека [13-23] и, в частности, ССС, что сейчас характеризуется как эффект Еськова-Зинченко [1-9].

## Целью данного исследования является

Объектом исследования являлись дети, учащиеся Русскинской национальной средней общеобразовательной школы интерната (НСОШ-интернате), которые входили в группу коренных жителей Югры.

## Объект и метод исследования

В исследованиях приняли участие 150 человек — учащиеся Русскинской НСОШ-интернате. Сравнимые группы обследуемых были разделены по полу и возрасту на следующие подгруппы: 7-10 лет — младшее звено; 11-14 лет — среднее звено; 15-17 лет — старшее звено. В каждую возрастную подгруппу входило по 25 человек.

Анализ *вариабельности сердечного ритма* (BCP) проводился на основе данных, полученных методом вариационной пульсометрии, регистрируемых с помощью пульсоксиметра «Элокс-01» с соответствующим программным обеспечением. Статистическая обработка данных производилась с использованием программы *Statistica 6.1*.

Для анализа использовались следующие параметры BCP:  $x_1$  — *SIM* — показатель активности симпатического отдела *вегетативной нервной системы* (ВНС), у.е.;  $x_2$  — *PAR* — показатель активности парасимпатического отдела, у.е.;  $x_3$  — *SDNN* — стандарт отклонения измеряемых кардиоинтервалов, мс;  $x_4$  — *INB* — индекс напряжения (по Р.М. Баевскому);  $x_5$  — *SSS* — число ударов сердца в минуту;  $x_6$  — *SpO<sub>2</sub>* — уровень оксигенации крови (уровень оксигемоглобина);  $x_7$  — *VLF* — спектральная мощность очень низких частот, мс<sup>2</sup>;  $x_8$  — *LF* — спектральная мощность низких частот, мс;  $x_9$  — *HF* — спектральная мощность высоких частот, мс<sup>2</sup>;  $x_{10}$  — *Total* — общая спектральная мощность, мс<sup>2</sup>;  $x_{11}$  — *LFnorm* — низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;  $x_{12}$  — *HFnorm* — высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах;  $x_{13}$  — *LF/HF* — отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной.

Наряду с использованием метода множественных сравнений по *критерию Ньюмана-Кейлса* и по-

парном сравнении выборок, нами использовался метод многомерного анализа, основанный на расчете межкластерных расстояний [15–23]. В данном сообщении представлены результаты анализа разных возрастных групп юношей, которые демонстрируют эффект Еськова-Зинченко [15–21].

### Результаты и их обсуждение

В качестве примера представлены результаты обработки данных значений среднего, и старшего звена (юноши и девушки) в виде матриц (15×15) кардиоинтервалов. Сравнения производились по *критерию Ньюмана-Кейлса* (табл. 1 и 2).

Расчет матриц парных сравнений выборок разных испытуемых и получение числа совпадений выборок *кардиоинтервалов* (КИ) показывает низкие значения  $k$  ( $k < 20\%$ ), что подтверждает эффект Еськова-Зинченко и доказывает достаточную сформированность у них адаптационных механизмов. Это может говорить о существенном напряжении регуляторных процессов и степени рассогласования параметров функциональных систем организма [1–9, 12–18]. Коренные жители Севера РФ (русские поморы) и аборигены ХМАО-Югры (северные народности) имеют существенные отличия от пришлого населения. Первые имеют естественную адаптацию к внешним факторам окружающей среды, вследствие чего мало подвержены стрессу и преждевременному старению.

Таблица 1

Матрица парного сравнения 15-ти кардиоинтервалов среднего звена (юноши) учащихся Рускинской НСОШ-интерната при повторных экспериментах ( $n=20$ ), по критерию Ньюмана-Кейлса

	1 R:3866.3	2 R:3403.2	3 R:3006.9	4 R:880.73	5 R:3744.4	6 R:1284.9	7 R:2616.7	8 R:3043.9	9 R:351.94	10 R:1629.7	11 R:2503.3	12 R:2886.7	13 R:1014.5	14 R:1436.3	15 R:2088.0
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01	1,00	0,41	0,00	1,00	0,03	0,00	0,00	0,00	1,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,70	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,01	<b>0,70</b>		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
7	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00		0,07	0,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,00	1,00
8	0,00	0,00	0,00	<b>0,41</b>	0,02	<b>1,00</b>	<b>0,07</b>		0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
9	0,00	<b>0,18</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>0,13</b>	0,00		0,10	0,00	0,00	0,00	1,00
11	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,03	0,00	0,00	<b>0,17</b>	0,00	0,00	<b>0,10</b>		0,00	0,00	0,01	0,01
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	<b>0,23</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,01	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,03	<b>1,00</b>	<b>0,80</b>	0,00	<b>1,00</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	

Таблица 2

Матрица парного сравнения 15-ти кардиоинтервалов старшего звена (юноши) учащихся Рускинской НСОШ-интернатепри повторных экспериментах ( $k_2=19$ ), по критерию Ньюмана-Кейлса

	1 R:3866.3	2 R:3403.2	3 R:3006.9	4 R:880.73	5 R:3744.4	6 R:1284.9	7 R:2616.7	8 R:3043.9	9 R:351.94	10 R:1629.7	11 R:2503.3	12 R:2886.7	13 R:1014.5	14 R:1436.3	15 R:2088.0
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,10	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>		0,00	0,71	0,00	0,00	1,00	0,42	1,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	<b>0,47</b>	0,00	<b>0,10</b>	<b>0,71</b>	0,00		0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
10	0,00	<b>0,08</b>	0,00	<b>0,13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,00	0,01	0,00	0,00		1,00	1,00	0,00
13	0,00	0,00	<b>0,33</b>	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>0,42</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>		0,00
15	0,00	<b>1,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,81</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	

Возникает проблема оценки хаотической динамики КИ (эффект Еськова-Зинченко), которую мы предлагаем решать с помощью метода матриц парных сравнений выборок или у одного человека [10-22] или у группы испытуемых (что мы и демонстрируем в настоящей работе на примере пришлого детско-юношеского населения). Следует подчеркнуть, что у каждого испытуемого (при многократных повторях измерений выборок КИ) мы можем получить матрицы аналогичные табл.1 и табл.2, но с числом  $k_{пар}$  выборок КИ, которые (эти две выборки) можно отнести к одной генеральной совокупности, значительно меньше, чем  $k_1=20$ . В качестве характерного признака мы представляем матрицу табл.3, где число  $k_3=14$ , у одного и того же испытуемого, находящегося в одном, неизменном состоянии. Таким образом мы демонстрируем, что выборки КИ разных юношей (Ханты) более статистически близки, чем выборки одного испытуемого (в неизменном гомеостазе). Действительно, с табл.1 и табл.2 мы имеем  $k_1=20$  и  $k_2=19$ , что значительно ближе  $k_3=14$  у одного испытуемого (в режиме  $n=15$  повторов регистрации КИ). Это получило название эффекта Еськова-Филатовой и оно трудно объяснимо в рамках стохастики. Это феномен ТХС [5-19].

### Заключение

Проживание в экстремальных условиях Севера приводит к развитию скрытой или явной

патологии со стороны сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем при отсутствии генетически закрепленных механизмов адаптации к климатическим природным факторам. КРС в онтогенезе является одной из наиболее уязвимых ФСО человека, на которую оказывают существенное влияние экологические факторы среды Севера РФ. Особое значение это имеет для Севера РФ, поскольку проживание на данных территориях откладывает определенный отпечаток на работу различных функциональных систем организма человека. Особенно это касается нервно — мышечной и кардио-респираторной систем (КРС) развивающегося организма, например, учащихся Югории.

Особенности КРС связаны с хронической гипокинезией и действием ряда экологических факторов на формирование и развитие НМС и КРС в предпубертатный, пубертатный и постпубертатный периоды жизни молодого человека [24-25]. Используемый метод, позволяет давать обоснование и критерии оценки различий между стохастической и хаотической динамикой поведения параметров кардио-респираторной системы человека. При этом сам эффект Еськова-Филатовой требует особого изучения и объяснения, т.к. он не укладывается в нормы современной науки.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. — 2017. — Vol. 21. — No. 1. — Pp. 14-23.
2. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. 2017. — Vol. 21, No. 3. — P. 224-232.
3. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. — 2017. — Vol. 72. — No. 3. — Pp. 309-317.
4. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement Techniques. — 2014. — Т. 57. — № 6. — С. 720-724. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической подготовкой в условиях Севера России // Экология человека. — 2017 — № 3 — С. 38-42.
5. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Внутренние болезни с позиции теории хаоса и самоорганизации систем (научный обзор) // Терапевт. 2017. № 5-6. С. 5-12.
6. Шакирова Л.С., Филатова Д.Ю., Ворошилова О.М., Камалтдинова К.Р. Стохастический и хаотический анализ параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях широтных перемещений // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 1. С. 15-20.
7. Широков В.А., Томчук А.Г., Роговский Д.А. Стохастический и хаотический анализ вертеброневрологических показателей пациентов при остеохондрозе позвоночника в условиях Севера // Клиническая медицина и фармакология. — Т. 3. — № 1. — 2017. — С.34-38.
8. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатов М. А., Иляшенко Л. К. Теорема Глендсдорфа — Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодовом стрессе // Экология человека — 2017.-№5. — С. 27-32
9. Еськов В.В. Математическое моделирование неэргодичных гомеостатических систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 33-39. DOI: 10.12737/article\_59c49db14e5153.41167665
10. Еськов В.В. Термодинамика неравновесных систем I.R. Prigogine и энтропийный подход в физике живых систем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 2. С. 7-15.
11. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Иляшенко Л.К. Теорема Глендсдорфа — Пригожина в описании хаотической динамики тремора при холодовом стрессе // Экология человека. 2017. № 5. С. 27-32.
12. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 1. С. 158-167.
13. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Еськов В.М. Экспериментальные исследования статистической устойчивости выборок кардиоинтервалов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2017. — Том 164, № 8. — С. 136-139.
14. Яхно В.Г., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В. Парадокс Еськова-Филатовой в оценке параметров биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 20-26. DOI:10.12737/article\_59c49ca69df199.85201052
15. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina Yu. V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics, 2017, Vol. 62, No. 1, pp. 143–150.
16. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A. and Gavrilenko T.V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. — 2017. — Vol. 95. — No. 1. — Pp. 92–94.
17. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. — 2017. — No. 3. — Pp. 38-42.
18. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Мирошниченко И.В., Воробьева Л.А. Проблема статистической устойчивости кардиоинтервалов в получаемых подряд выборках неизменного гомеостаза в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 1. С. 36-42.
19. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Мороз О.А. Параметры сердечно-сосудистой системы в условиях влияния различных внешних воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 2. С. 37-43.
20. Белощенко Д.В., Якунин В.Е., Потетюрин Е.С., Королев Ю.Ю. Оценка параметров электромиограмм у женщин при разном статическом усилии в режиме повторения // Клиническая медицина и фармакология. — Т. 3. — № 1. — 2017. — С.26-30.
21. Бодин О.Н., Нифонтова О.Л., Карбаинова Ю.В., Конькова К.С., Живаева Н.В. Сравнительный анализ показателей функциональной системы организма школьников Севера РФ// Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 27-32. DOI: 10.12737/article\_59c49d41bff597.03881569
22. Болтаев А.В., Газя Г.В., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология человека. — 2017. — № 8. — С. 3-7.
23. Григоренко В.В., Еськов В.М., Лысенкова С.А., Микшина В.С. Алгоритм автоматизированной диагностики динамики возрастных изменений параметров сердечно-сосудистой системы при нормальном старении в оценке биологического возраста // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2017. Т. 16. № 2. С. 357-362.

24. Еськов В.М., Филатова О.Е., Еськов В. В., Гавриленко Т.В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос-самоорганизация // Биофизика. 2017. Т. 62. № 5. С. 984-997.
25. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., VochminaYu.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems — complexity // Technical Physics, 2017, Vol. 62, №. 11, pp. 1611–1616.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF FUNCTIONAL SYSTEMS OF THE INDIGENOUS YOUTH POPULATION IN THE NORTH

K.A. ELMAN, M.A. SRYBNIK, A.A. PRASOLOVA, M.A. VOLOKHOVA

*This paper presents a comparative analysis of parameters of heart rate variability of students, are natives of Ugra, which was performed by the method of multiple comparisons of the three age groups and the method of multidimensional analysis to calculate intercluster distances. To date, it is advisable to study the functional systems of the body youth population in adapting to life in the North, so that disturbances in the neuromuscular system and the cardiovascular system represent the earliest metabolic and hemodynamic changes, thus they are a factor that determine the nature of changes in health and severity of changes in health status.*

**Keywords:** children and youth population, Eskov-Filatova effect, the North, adaptation.